



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

**0 294 590  
A2**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(11) Anmeldenummer: 88107213.6

(51) Int. Cl.<sup>4</sup> G01R 15/02 , G01R 19/20

(22) Anmeldetag: 05.05.88

(30) Priorität: 05.06.87 DE 3718857

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
14.12.88 Patentblatt 88/50

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
BE CH DE FR GB IT LI NL

(10) Anmelder: VACUUMSCHMELZE GMBH  
Grüner Weg 37 Postfach 2253  
D-6450 Hanau 1(DE)

(72) Erfinder: Nillus, Hans-Joachim  
Leipziger Strasse 29  
D-6453 Seligenstadt(DE)  
Erfinder: Hinz, Gerhard, Dipl.-Phys.  
Akazienweg 5a  
D-8755 Alzenau(DE)

(54) Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip.

(57) Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, bei dem das in einem Magnetkern von dem zu messenden Strom erzeugte Magnetfeld durch einen Kompensationsstrom kompensiert wird, wobei zur Steuerung des Kompensationsstromes im Magnetkreis des Magnetkerns mindestens ein streifenförmiges Element aus amorphem weichmagnetischem Material angeordnet ist, das mit Hilfe einer Indikatorwicklung impulsförmig bipolar magnetisiert wird, so daß die Unsymmetrie der Strom- bzw. Spannungsamplituden zur Ermittlung und Auswertung des Fehlableiches benutzbar ist.

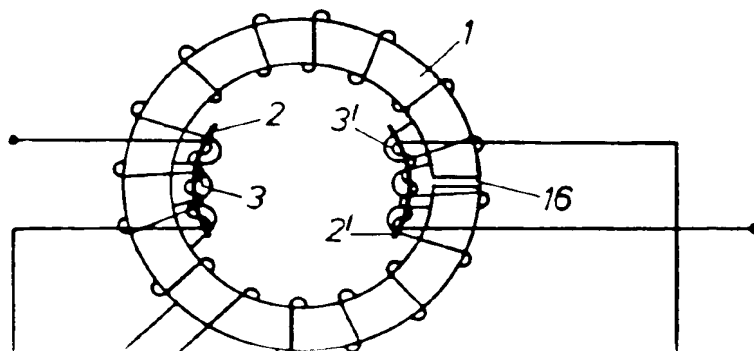


FIG 2

0 294 590 A2

### Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

Die Erfindung bezieht sich auf einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Zur Messung von Gleich- und Wechselströmen wird häufig das Kompensationsprinzip verwendet, bei dem das in einem Magnetkern vom Meßstrom erzeugte Magnetfeld durch einen Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung kompensiert wird. Zur Steuerung des Kompensationsstromes ist im Magnetkreis ein Detektor vorgesehen, der die Abweichungen vom Nullfeld erfaßt. Der Sekundärstrom ist damit ein genaues Abbild des zu messenden Primärstromes.

In der ETZ, Bd. 100 (1979), Heft 24 ist auf Seite 1390 ein Prinzipschaltbild eines solchen Stromsensors dargestellt und näher beschrieben. Ferner ist es bekannt, das vom Meßstrom erzeugte Magnetfeld mit Hilfe einer Hallsonde als Detektor zu erfassen, welcher in einem Luftspalt eines Magnetkerns aus hochpermeablem Material angeordnet ist. Es hat sich aber gezeigt, daß sich bei hohen Anforderungen an die Nullpunkt-Konstanz durch die Trift der Hallsonde und der zur Auswertung erforderlichen Operationsverstärker Probleme ergeben.

Die Erkennung des kompensierten Zustandes ist auch auf magnetische Weise, z. B. durch periodisches Ummagnetisieren des Kerns und Auswerten der geradzahigen Oberwellen nach Betrag und Phase oder nach dem Förstersonden-Prinzip möglich. Letzteres ist dem Aufsatz "Magnetfeldmessung mit Förstersonden und Hallgeneratoren" in der Zeitschrift ELEKTRONIK 1968, Heft 8, Seiten 247 ff. zu entnehmen.

Nachteilig bei den bekannten Stromsensoren mit magnetischen Detektoren ist, daß die Ausgangsspannung mit steigendem Fehlableich zunächst zunimmt, bei größeren Fehlern, wie sie durch vorübergehende Störungen auftreten können, wieder abnimmt, und schon bei relativ niedrigen Werten unterhalb des Nennstromes zu Null werden. Dadurch kann der Kompensationsstrom in falscher Richtung bis zum Maximalwert ansteigen, die Schaltung verliert sodann die Richtungserkennung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Stromsensor nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 derart zu gestalten, daß die beschriebenen Nachteile beseitigt sind. Gelöst wird

das durch die Erfindung schematisch dargestellt ist, wird die Erfindung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 einen Stromsensor mit einem geschlossenen Magnetkern mit zwei Indikatoren,

Fig. 2 einen Stromsensor mit einem Magnetkern mit Luftspalt und zwei Indikatoren,

Fig. 3 einen Teil einer an sich bekannten Schaltungsanordnung zur Auswertung der Signale,

Fig. 4 einen Stromsensor mit einem weichmagnetischen Kern und im Luftspalt angeordneten Indikatorelement und

Fig. 5 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Ausgangsstromes  $I_a$  vom zu messenden Strom  $I_m$ .

Der erfindungsgemäße Stromsensor gemäß Fig. 1 besteht aus einem geschlossenen Kern 1 aus weichmagnetischem Material, durch den in an sich bekannter Weise die den zu messenden Strom führende Leitung als Primärwicklung hindurchgeführt wird. Am inneren Umfang des Kerns 1 sind diametral gegenüberliegend zwei kurze streifenförmige Elemente 2 und 2' aus amorphem weichmagnetischem Material angeordnet. Die streifenförmigen Elemente 2 und 2' sind mit je einer Indikatorwicklung 3 bzw. 3' versehen, die um die Elemente 2 und 2' gewickelt sind, wobei die Wicklungen beider streifenförmigen Elemente 2 und 2' gleichsinnig in Reihe geschaltet sind, wie Fig. 1 zeigt. Die am inneren Umfang des Kerns 1 angebrachten, mit den Indikatorwicklungen 3 versehenen streifenförmigen Elemente 2 und 2' sind von einer Sekundärwicklung 4 umschlossen, die sich über den gesamten Umfang des Kerns 1 erstreckt.

Fig. 3 zeigt die Anordnung der Indikatorwicklungen 3 und 3' in einer entsprechenden Auswahl-schaltung. An die Eingangsklemmen 5 wird - wie angedeutet - eine Rechteckspannung angelegt. Über einen Kondensator 6 und über einen Widerstand 7 sowie den beiden Indikatorwicklungen 3 und 3' fließen Impulsströme, die an dem Widerstand 7 entsprechende Spannungsabfälle hervorgerufen, die mit Hilfe von Dioden 8 und 9 sowie Kondensatoren 10 und 11 über Widerstände 13 und 14 ausgekoppelt, gleichgerichtet und miteinander verglichen werden, so daß an den Ausgangsklemmen 15 ein der Abweichung vom Nullfluß proportionales Signal abgenommen werden kann, welches über eine entsprechende - nicht dargestellte - Auswerteschaltung zur Steuerung des Kompensationsstromes

zurückgeführt wird.

Anhand der Zeichnung, in der mehrere Ausführungsbeispiele schematisch dargestellt sind, wird die Erfindung näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 einen Stromsensor mit einem geschlossenen Magnetkern mit zwei Indikatoren, Fig. 2 einen Stromsensor mit einem Magnetkern mit Luftspalt und zwei Indikatoren, Fig. 3 einen Teil einer an sich bekannten Schaltungsanordnung zur Auswertung der Signale, Fig. 4 einen Stromsensor mit einem weichmagnetischen Kern und im Luftspalt angeordneten Indikatorelement und Fig. 5 eine graphische Darstellung der Abhängigkeit des Ausgangsstromes  $I_a$  vom zu messenden Strom  $I_m$ .

Vormagnetisierung der streifenförmigen Elemente 2 infolge eines magnetischen Flusses im Kern 1 auf, so werden die durch die Rechteckspannung hervorgerufenen Spannungsabfälle am Widerstand 7 ungleich, so daß an den Ausgangsklemmen 15 eine entsprechende Ausgangsspannung abgenommen werden kann.

Da die Länge der streifenförmigen Elemente 2 und 2' relativ klein gehalten werden kann, ist es möglich, die Feldstärke der Impulsmagnetisierung so hoch zu wählen, daß eine dauernde Sättigung der Streifen durch den Meß- oder Kompensationsstrom vermieden wird.

Die Anordnung gemäß Fig. 1 arbeitet auch mit nur einem streifenförmigen Element 2. Bei einer Ausführung mit zwei streifenförmigen Elementen ist jedoch die Empfindlichkeit gegen Fremdfelder geringer.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem sich die Regелеmpfindlichkeit noch weiter steigern läßt, indem man im Kern 1 einen Luftspalt 16 vorsieht. Der Luftspalt ist vorzugsweise unter dem Element 2', während der zweite elektrisch in Reihe geschaltete Streifen 2 gegenüber im ungeschlitzten Teil des Kerns 1 liegt. Bei kleinen Strömen ist das streifenförmige Element 2' mit hoher Empfindlichkeit wirksam, während bei großen Strömen das zweite streifenförmige Element 2 eine Richtungsinformation mit kleinerer Amplitude liefert.

Das Element 2 kann auch weggelassen werden, wenn das Element 2' länger ausgeführt ist, so daß bei hohen Strömen, wenn der Mittelteil bereits gesättigt ist, die Streifenenden noch ummagnetisiert werden können, um die Richtungsinformation zu liefern.

In Fig. 4 ist eine weitere Ausbildung des erfindungsgemäßen Stromsensors im Prinzip dargestellt. Eine Ansicht von oben zeigt, daß in einem Luftspalt 17 eines geschlitzten Kerns 18 ein Z-förmig gestaltetes streifenförmiges Element 19 aus amorphem Material angebracht ist, welches im mittleren Teil einen verstärkten Querschnitt aufweisen kann, wie durch zwei Striche angedeutet ist. Mit 20 ist eine Indikatorwicklung bezeichnet, die auf den Mittelteil des verstärkten streifenförmigen Elementes gewickelt ist. Auf den Kern 18 ist - wie bei den vorigen Ausführungsbeispielen - die hier nicht gezeichnete Sekundärwicklung gewickelt. Bei kleinen Strömen ist der Stromsensor sehr empfindlich durch die feste Kopplung der Enden des streifenförmigen Elementes 19 mit dem Kern 18. Bei höheren Strömen werden die äußeren Teile des streifenförmigen Elementes 19 gesättigt, während

beispielen nach Fig. 1 und 2, da in dem kleinen Luftspalt 17 des Kerns 18 hohe Feldstärken auftreten, die schließlich auch den mittleren Teil des bandförmigen Elementes 19 sättigen.

Fig. 5 zeigt die Kennlinie eines Stromsensors, der nach dem Prinzip gemäß Fig. 2 aufgebaut ist. Hierbei ist in der Abszissenachse der zu messende Strom  $I_m$  in Ampere und in der Ordinatenachse der Strom an den Klemmen 15  $I_a$  in mA aufgetragen. Es wurde ein Kern  $36 \times 26 \times 6$  mm VACOPERM 100 verwendet; jedes streifenförmige Element bestand aus VITROVAC  $6025 \times 6 \times 2,5 \times 0,03$  mm mit Indikatorwicklung 60 Windungen  $0,1$  mm und Kompensationswicklung mit 100 Windungen. Das Schaubild läßt die gute Proportionalität zwischen Indikator und Meßstrom erkennen. Zur Nullpunkterkennung wurde die Schaltung nach Fig. 3 eingesetzt. Die Regelschaltung zur Erzeugung des Kompensationsstromes war in bekannter Technik aufgebaut.

## Ansprüche

1) Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip, insbesondere zur Messung von Gleich- und Wechselströmen, bei dem das in einem Magnetkern von einer vom dem zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung erzeugte Magnetfeld durch den Kompensationsstrom in einer Sekundärwicklung kompensiert wird, wobei zur Steuerung des Kompensationsstromes ein im Magnetkreis angeordneter Sensor Abweichungen vom Nullfluß erfaßt und einer Auswerteschaltung zuführt, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Magnetkreis des weichmagnetischen Kerns (1, 18) mindestens ein mit einer Indikatorwicklung (3, 3', 20) versehenes streifenförmiges Element (2, 2', 19) aus amorphem weichmagnetischem Material angeordnet ist, das mit Hilfe der Indikatorwicklung impulsförmig bipolar magnetisiert wird, und daß die Unsymmetrie der Strom- bzw. Spannungsamplituden zur Ermittlung und Auswertung des Fehlableses benutzt wird.

2) Stromsensor nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß das streifenförmige Element vorzugsweise am inneren Umfang des Magnetkerns (1) angeordnet ist und daß der Magnetkern (1) unter dem streifenförmigen Element einen Luftspalt (16) aufweist.

3) Stromsensor nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das streifenförmige Element 2' derart ausgebildet und angeordnet

**dadurch gekennzeichnet**, daß das streifenförmige Element 2' derart ausgebildet und angeordnet ist, daß es in dem Luftspalt (16) des weichmagnetischen Kerns (1) magnetisiert

streifenförmige Elemente (2, 2') symmetrisch angeordnet und mit je einer Indikatorwicklung (3, 3') versehen sind, wobei die einzelnen Indikatorwicklungen (3, 3') gleichsinnig in Reihe geschaltet und von der gleichmäßig über dem Kernumfang verteilten Sekundärwicklung (4) umgeben sind.

5

5) Stromsensor nach den Ansprüchen 1 und 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß zwei streifenförmige Elemente (2, 2') aus amorphem Material am inneren Umfang des Magnetkerns (1) symmetrisch angeordnet sind, wobei der Magnetkern (1) unter einem der beiden Elemente (2, 2') einen Luftspalt (16) aufweist.

10

6) Stromsensor nach Patentanspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Luftspalt (17) des Magnetkerns (18) ein Z-förmiger Streifen (19) aus amorphem weichmagnetischem Material derart angeordnet ist, daß dessen Mittelteil sich im Luftspalt (17) befindet, während die beiden Enden des Streifens (19) an den einander gegenüberliegenden Seiten des Magnetkerns (1) anliegen.

15

20

7) Stromsensor nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Mittelteil des streifenförmigen Elementes (19) verstärkt ausgebildet ist.

25

30

35

40

45

50

4

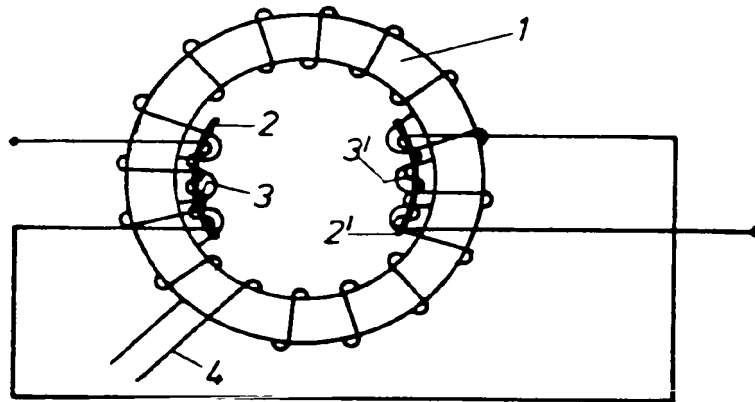


FIG 1

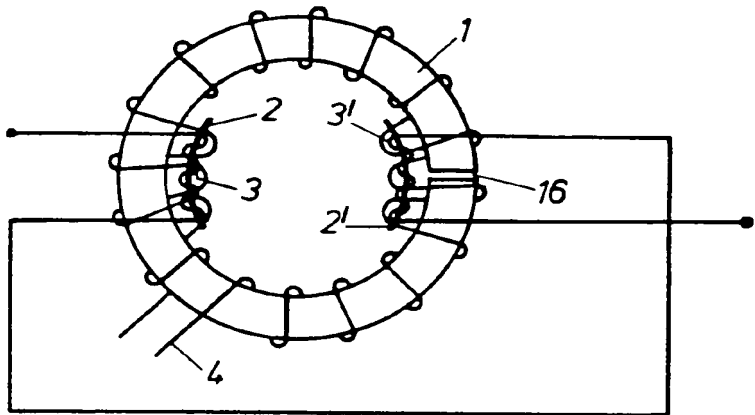
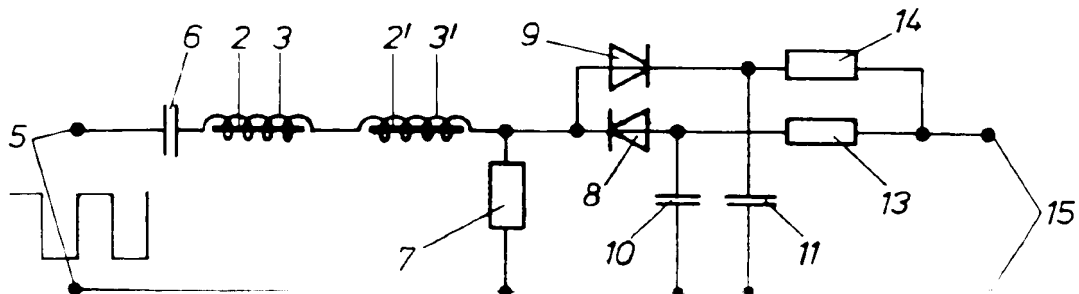


FIG 2



87 P 9558

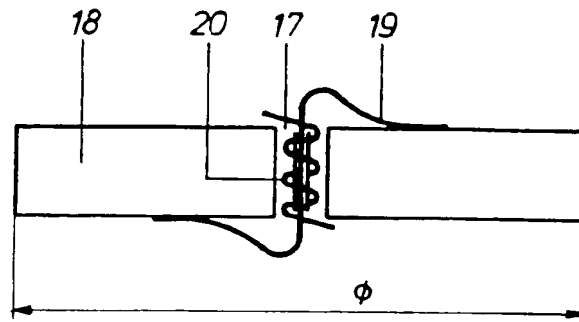


FIG 4

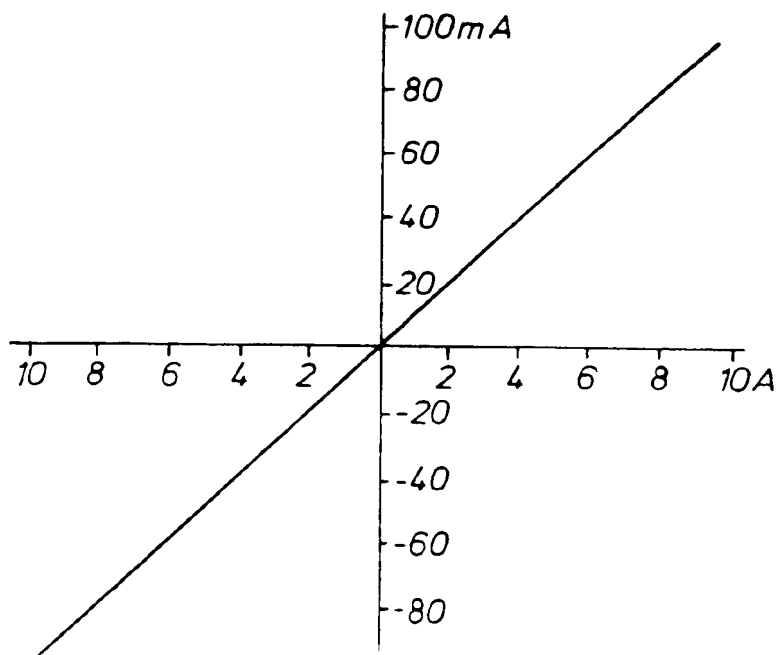


FIG 5